Beiträge zur Frage

der

Wasserverunreinigung.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen medizin. Facultät

der

Kgl. bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

Adolf Bossert

aus

Bellheim (Pfalz).

ACAD.
LAND BAT.
DARL.

WÜRZBURG.

Memminger's Buchdruckerei und Verlagsanstalt.

1901.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Facultät der Universität Würzburg.

Referent: Herr Prof. Dr. Lehmann.

Dem Andenken
meiner seligen Eltern gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549807_0231

Vorwort.

Als mir Herr Professor Dr. *K. B. Lehmann* vor nunmehr 2 Jahren die dankenswerte Aufgabe übertrug, Untersuchungen anzustellen über Wasserverunreinigung durch die verschiedensten Stoffe und die Ergebnisse meiner Untersuchungen in Grenzwerten festzulegen, waren allerdings bereits schon viele Untersuchungen über Flussverunreinigungen im Laufe der Jahre zu verschiedenen Zwecken angestellt worden und reich ist das Zahlenmaterial von analytischen Befunden. Jedoch nach genaueren Angaben darüber, wann ein Wasser als verunreinigt von speziellen Gesichtspunkten aus gelten darf, könnte man in Büchern vergebens Umschau halten.

Erst Herr Prof. Dr. *Lehmann* hat in der 2. Auflage seines Werkes: „Die Methoden der praktischen Hygiene 1901“ unter anderem auch darüber Versuche mitgeteilt. Seine Werte sind abgeleitet z. T. aus den Ergebnissen der folgenden unter seiner Anleitung und Controlle entstandenen Arbeit, die Hauptzahlen waren aber für den Zweck seines Buches nochmals ganz von neuem bestimmt worden.

Ich werde an entsprechender Stelle die *Lehmann*schen Zahlen mit den meinen vergleichen, kann aber hier schon mitteilen, dass sich die beiden Zahlenreihen in erfreulicher Uebereinstimmung befinden.

Literatur.

Der Satz von *Pettenkofer* „dass ein Fluss nicht verunreinigt sei, so lange seine Wassermenge bei Niederwasser mindestens das fünfzehnfache des Sielwassers betrage", wird in vielen Fällen einen gewissen Anhaltspunkt bieten, immerhin ist aber damit die Frage nicht erschöpfend beantwortet, von welchem Gehalte an einzelnen gelösten und suspendierten Bestandteilen ab jeder einzelne Bestandteil allein oder in Gesellschaft mit anderen das Wasser als verunreinigt erscheinen lässt.

Eine Verordnung, welche in Bezug auf den Gehalt für verschiedene Stoffe Grenzwerte angibt, hat im Jahre 1881 die Stadt Zürich erlassen; sie verlangt: dass fliessendes Wasser 50 m von der Einlaufstelle des Schmutzwassers, stehendes Wasser 100 m von derselben entfernt nicht enthalten darf in 1 Liter mehr

a) so viel gelöste oder suspendierte, organische Substanz als 60 Gewichtsteile Kaliumpermanganat reduciert d. h.: 15 mgr. O zur Oxydation verbraucht;

b) 1 mgr Stickstoff in löslicher, organischer Substanz;

c) 2 mgr. Cu oder Pl;

d) 0,05 mgr As in irgend einer Form;

e) 1 mgr sogenanntes aktives Cl (durch Ansäuren mit Schwefelsäure frei werdend);

f) 1 mgr S als Schwefelwasserstoff oder als lösliches durch CO_2 ersetzbares Sulfid;

g) so viel Alkali, dass die Alkalinität 10 ccm Normal-Alkali in 1 Liter entspricht;

h) so viel freie Säure, dass die Acidität 10 ccm Normalsäure entspricht;

i) so viel färbende Substanz, dass das Wasser in 10 cm dicker Schicht in einem weissen Gefässe noch keine bestimmte Farbe trägt.

Denkt man eingehend über das uns beschäftigende Problem nach, so ergibt sich sehr rasch der Grund, warum man noch so wenig zu Schlussfolgerungen über bestimmte Grenzwerte gelangt ist; es erscheint eben ein Wasser bei ganz verschiedener Concentration verunreinigt je nach dem Zwecke, zu dem es Verwendung finden soll.

Mit Herrn Prof. Dr. *Lehmann* wird man zweckmässig unterscheiden:

1.) Verunreinigung von ästhetischem Standpunkt aus, wenn der Anblick und Geruch die Sinne beleidigt.

2.) Vom hygienischen Standpunkt aus, wenn das Wasser chemisch oder bakteriell so verändert ist, dass es zum Baden, Trinken, Waschen, Besprengen unbrauchbar ist oder das Wasser resp. der Schlamm solche Gerüche exhaliert, dass die Bewohnbarkeit der Ufer darunter leidet.

3.) Vom technischen Standpunkt aus, wenn z. B. das Wasser zum Treiben von Rädern zu übelriechend oder zum Speisen von Kesseln zu unrein oder zu sauer ist u. s. w.

4.) Vom Fischerei-Standpunkte aus, wenn die Zucht von Fischen, Krebsen etc. durch die Verunreinigung unmöglich gemacht wird.

Wie oben bereits erwähnt, wurde mir nun von Herrn Prof. Dr. *Lehmann* die Aufgabe gestellt, einen Beitrag zur ziffermässigen Beurteilung von Flussverunreinigung in dem Sinne zu liefern, dass von den am meisten in Betracht kommenden Körpern, wie sie später einzeln aufgeführt werden, festzustellen war, in welcher Concentration sie ein Wasser so verändern, dass dasselbe

a) nur noch mit Widerwillen oder überhaupt nicht mehr getrunken werden kann;

b) als Bade- und Waschwasser entwertet oder ganz unbrauchbar erscheint.

Es wurde von mir stets so verfahren, dass eine starke Lösung resp. Aufschwemmung der einzelnen verunreinigenden Stoffe in einem selbstverständlich genau bestimmten Mischungsverhältnisse mit Wasser gefertigt wurde, von dieser sogenannten „Stammlösung" wurde dann cbcmweise zu Würzburger Leitungswasser resp. nötigenfalls zu aqua destillata so lange hinzufügt, bis die gesuchten Veränderungen für die Sinne wahrzunehmen waren.

Sämmtliche Versuche wurden vielfach an verschiedenen Tagen wiederholt, speciell die Proben auf Geschmack und Geruch sogar von verschiedenen, gerade im Laboratorium anwesenden Personen begutachtet und die Ergebnisse zum grössten Teil von Herrn Prof. Dr. *Lehmann* auf ihre Richtigkeit geprüft.

Es liegt in der Natur der Sache, dass alle von mir festgestellten Werte keine absolute Giltigkeit haben, sie sollen nicht mehr sein als Orientierungs- oder Näherungswerte und als solche Angaben enthalten, welche kurz darüber Aufschluss geben, bis zu welchem Gehalte an bestimmten Stoffen ein Wasser seine Eigenschaft als Trink- resp. Bade-Waschwasser nach Prüfung seitens der Geruchs-, Gesichts- und Geschmackssinne behalten kann.

Dass solche Versuche notwendig sind, ergibt sich, wenn wir z. B. die Frage vorliegen haben, wie viel Jauche in einer Wanne das Badewasser enthalten kann, ohne als solches unbrauchbar zu sein.

Ein Liter Wasser wird durch 1 cbcm Jauche schon für obige Zwecke völlig entwertet; enthalten also 250 l = 250.000 cbcm Wasser, als die durchschnittliche Menge Wasser in einer Wanne, nur $^1/_4$ l = 250 cbcm Jauche, so hätte man ein schon total unbrauchbares Badewasser und nicht erst, versuchte man nur oberflächlich den entwertenden Gehalt abzuschätzen, bei 1—3 l Jauche.

Meine nun folgenden Darstellungen sind das Ergebnis von Untersuchungen über Wasserverunreinigungen durch die mannigfachsten, doch dabei stets am meisten in Betracht kommenden Stoffe. Ich will dieselben der Uebersicht und Zweckdienlichkeit halber in etliche grosse Gruppen einteilen und nach jeder derselben eine tabellarische Uebersicht geben.

A. Optische Verunreinigung:

und zwar a) gelöste, b) suspendierte Stoffe.

ad a. Von den gelösten Stoffen wurden zur Untersuchung gewählt verschiedene Theerfarbstoffe wie:

Fuchsin, Methylenblau, Congorot, Bismarckbraun, Fluorescin, ferner noch Blut, Harn und Torfauszug.

Von den suspendierten:

Gartenerde, Stärke, Calcium carbonat und Lehm.

Da die angeführten Theerfarbstoffe grosse Aehnlichkeit in Bezug auf Wasserverunreinigung aufweisen, so habe ich dieselben gleich übersichtlich hier zusammengestellt; auch die von Herrn Prof. Dr. *Lehmann* in seinem angeführten Werke gegebene Zusammenstellung obiger Stoffe lasse ich vergleichsweise hier vorangehen.

Grenzwerte für die Zulässigkeit von Theerfarbstoffen nach Herrn Prof. Dr. *Lehmann.*

	Unmerklich.	Schwächere Verunreinigung. Als Trinkwasser im Notfalle noch brauchbar.	Als Badewasser zur Not noch brauchbar, Wäsche färbt sich dann meist deutlich.	Das Wasser ist sehr auffällig gefärbt.
Methylenblau	0,02—0,03	0,05	0,1	1,0 hell himmelblau.
Fuchsin	0,01	0,02	0,02—0,05	1,0 himbeerrot 0,1 sehr blass himberrot.
Congorot	0,03	0,05—0,07	0,1	1,0 blassrötlich.
Bismarckbraun	0,08	0,1	0,3	1,0 wie schwach. Moorwasser.
Fluorescin	0,01	0,02—0,03	0,1	0,5—1,0 deutlich grün.
Humuskörper		0,5—2	3—4	40—50 cbcm
Harn		3—10 cbcm	10- 20 cbcm	

Die Zahlen ohne weiteren Zusatz bedeuten mgr in 1 Liter.

Eigene tabellarische Uebersicht der gm. Theerfarbstoffe.

		Fuchsin.	Methylenblau.	Congorot.	Bismarckbraun.	Fluorescin
Sichtbarkeitsgrenze		0,002—0,003	0,003 0,005	0,025	0,05	0,002—0,003
Trinkwasser	a) entwertet	0,02—0,03 Stich in's Rötliche	0,025 ganz schwache, stahlblaue Farbe	0,075 mattrot-violetter Schimmer	0,15 Spur einer gelbbraunen Farbe	0,01 Stich i. Grünliche
	b) widerlich	0,05 schon etwas stärk. rötlich sich dem Auge darbietend	0,05 etwas stärker wie oben	0,15 deutlicher als oben	0,2 bereits deutlicher wie oben	0,03 deutlich grüner Schimmer
Badewasser	a) entwertet	0,1 diese Concentration zeigt schon im hölz. Gefäss etwas Rotfärbung	0,15 schwach Azurblau	0,2 eigenartig hellrötliche Farbe	0,3—0,5 schmutzig-bräunliche Farbe annehmend	0,05 schwache Grünfärbung
	b) widerlich	0,2—0,3 ausgesprochene rötliche Farbe	0,2—0,3 deutliches Azurblau	0,3—0,5 wie oben, aber stärker	0,5—0,7 deutlich gelbbr. Färbung	0,15 helle meergrüne Farbe
Wäschefärbung	a) schwache Concentration [1]	0,5 hellrote Farbe	1—5 schon tieferes Azurblau	0,5—1,0 stets eine Nüance dunkler werdend	0,7—1,0 Farbe immer deutlicher	0,2—1,0 Spur stärker wie oben
	b) starke Concentration	1—3 himbeergeleeart. Färbung, heller als Rotwein	5—10—15 immer deutlicher werdende, kornblumenart. Blaufärbung	2—5 Traminer-Weinfarbe	3—8—10 immer mehr goldgelbe Weinfarbe annehmend	1—5—10 nicht im Verhältnis zur Concentr. sich gleichm. stärker färbend. Wäsche leicht entfärbbar durch Wasser.

Anmerkung: Alle hier ziffermässig angegebenen Lösungen sind in Milligramm für 1 Liter Wasser und Alkohol berechnet.

Der Gehalt des Wassers an Theerfarbstoffen ist auch für Wäschefärbung von Bedeutung, weshalb ich obige Angaben anschloss, die zeigen, wie oft recht geringe Mengen dazu schon hinreichend sind.

Blut und Harn.

Blut entwertet Trinkwasser bei 0,8—1 cbcm } im 1.
„ macht es unbrauchbar „ 1,5—2,0 „ }

Als Badewasser unbrauchbar und schon deutliche Blutfarbe zeigend } bei 5—10 cbcm im 1.

Harn. Da dieser keine einheitliche, immer sich gleich bleibende Flüssigkeit darstellt und demgemäss auch als wasserverunreinigendes Mittel in verschiedener Weise je nach seiner Beschaffenheit wirken muss, so habe ich, wie die Tabelle zeigt, auch 3 Arten von Harn für meine Untersuchung in Anwendung gezogen.

		A. Frischer Harn.	B. Harn 1 Monat alt, in stark amoniakalischer Zersetzung.	C. Dunkler Fieberharn.
Trinkwasser	a) entwertend	*) 10 cbcm kaum eine Geruchswahrnehmung	1—2 cbcm schon deutlicher Geruch, dah. stark entwertend	2—3 cbcm Spur Trübung, resp. Verfärbung, etwas stärkere Geruchswahrnehmung
	b) unbrauchbar machend	20 cbcm Geruchswahrnehmung, wenn auch nicht sehr stark	3—5 cbcm Geruch zunehmend	4—5 cbcm Geruch und Verfärbung deutlich
unbrauchbares Badewasser		40—50 cbcm Geruch immer schwach bleibend	15—20 cbcm stinkender Geruch	10 cbcm deutliche Rotfärbung u. Geruch.

*) Angaben ebenfalls für den Liter.

Aus diesen Angaben geht hervor, dass es besonders der in Zersetzung sich befindende Harn ist, welcher sehr bald das Wasser entwertet und unbrauchbar macht, während der normale Harn erst in stärkere Concentration dazu im Stande ist.

Torf. (Torfextract.) Hier war ein besonderes Verfahren geboten. Es wurden hintereinander 5 Auszüge zu je 250 cbcm aus 10 gr dunkelbraunem Torf gemacht; die Auszüge wurden vereinigt und auf 750 cbcm eingedampft. Durch Trockensubstanze- und Aschebestimmung wurde nachgewiesen, dass in 100 cbcm dieses mehr schwärzlichen Auszuges 31,2 mgr Rückstand und 5,4 mgr Asche enthalten waren oder in 1 cbcm 0,31 mgr Rückstand. Setzte ich nun auf 1 l Wasser 5 cbcm mit 1,56 mgr Rückstand und 0,27 mgr Asche, so war das Wasser gerade eine Spur gefärbt und als Trinkwasser entwertet. 10 cbcm mit 3,12 mgr Rückstand und 0,54 mgr Asche machen Trinkwasser unbrauchbar. Bei 30 cbcm mit 9,36 mgr Rückstand und 1,62 mgr Asche zeigt sich deutliche Gelbfärbung; Badewasser entwertet und in entsprechend erhöhter Concentration unbrauchbar.

ad b. I.) Gartenerde. Es war dies schwere, dunkle, humusreiche Erde aus einem Pflanzgarten, von der ich ebenfalls eine Stammaufschwemmung anfertigte von 1 l, in dem 50 gr Humus enthalten waren, es war dies dann eine dicke, schwarze Flüssigkeit. Je nach den Verdünnungen ergaben sich folgendes Aussehen und Urteil über seine event. Verwendbarkeit.

Waren in 1 l enthalten 80 mgr, so enstand eine vollkommen trübe, schmutziggelbe Flüssigkeit. Bald Bodensatz. Total unbrauchbar.

Waren in 1 l enthalten 20—40 mgr, war das Wasser schon ziemlich stark getrübt, als Badewasser nicht mehr brauchbar.

Waren in 1 l enthalten 6—10 mgr. Als Badewasser entwertet und Trinkwasser unbrauchbar.

Waren in 1 l enthalten 2—5 mgr. Als Trinkwasser entwertet, leicht merkliche Trübung.

Unter 2 mgr äusserste Grenze der Wahrnehmbarkeit.

II.) Weizen-Stärke. Stammlösung: In 1 l Wasser 10 gr Stärke. Es war dies eine rein milchige Flüssigkeit.

1.) Concentration; In einem 1 l—2 gr = 1000 bis 2000 mgr stark weissliche Trübung; total unbrauchbar.

2.) Concentration: In einem 1 100—200 mgr immer noch deutlich weissliche Trübung. Als Badewasser schon nicht mehr zu gebrauchen.

3.) Concentration: In einem 1 30—50 mgr, als Badewasser entwertet. Etwas Trübung.

4.) Concentration: In einem 1 20—30 mgr. Als Trinkwasser kaum mehr gebrauchbar.

5.) Concentration: In einem 1 15 mgr, äusserste Grenze der Trübungssichtbarkeit.

III.) Calcium carbonat. Stamm: In einem 1 aqua 10 gr Calc. carb. Gleichfalls wie oben eine milchige Trübung. Geschmack äussert schwach.

1.) Concentration: 100—300 mgr in einem 1. Trübung noch recht deutlich.

2.) Concentration: 50—100 mgr in einem l. Schwache Trübung.

3.) Concentration: 30—50 mgr in einem l. Spur Trübung.

4.) Concentration: Unter 20 mgr in einem l. Kaum mehr wahrnehmbar.

IV.) Lehm. Hier wurden 50 gr Lehm mit Wasser auf 1000 cbcm gebracht und durch Schütteln eine dunkelgelbbraune, trübe Stammlösung hergestellt; vor jeder Verwendung wurde dieselbe kräftig umgeschüttelt.

Enthielt ein l aqua 2—2,5 gr = 2000—2500 mgr. Sehr starke Trübung, totale Unbrauchbarkeit, bald Bodensatz.

Enthielt ein l aqua 200—250 mgr, war Trübung sichtbar.

Enthielt ein l aqua 50—100 mgr, ganz schwache Trübung.

Enthielt ein l aqua 10 mgr, kaum mehr eine Trübung wahrnehmbar.

Uebersichtstabelle der vorhergehenden, in Wasser suspendierte Stoffe.

	Torf.	Gartenerde.	Lehm.	Stärke.	Calcium Carbonat.
Noch brauchbar		bei 1 – 2 mgr	unter 10 mgr	unter 15 mgr	unter 20 mgr.
entwertet	5 cbcm / 1,56 cbcm Rückstand	2—4 mgr	15—50 mgr	20—25 mgr	30—50 mgr
unbrauchbar	10 cbcm / 3,12 cbcm Rückstand	5—10 mgr	50—100 mgr	25—30 mgr	50—100 mgr.
entwertet und unbrauchbar	30 cbcm / 9,36 cbcm Rückstand	20—40 mgr	200—250 mgr und darüber	30—50 mgr und darüber	100—300 mgr.
Totale Unbrauchbarkeit	von 60 cbcm ab	von 60—80 mgr ab	von 2000 mgr	von 500 mgr ab	von 500 mgr ab.

Uebersichtstabelle obiger Stoffe
nach Herrn Prof. Dr. *Lehmann.*

	Fast unmerklich	Merklich getrübt. Als Trinkwasser zur Not noch brauchbar.	Als Bade- und Waschwasser zur Not noch brauchbar.
Lehm	1—3 mgr	5—10 mgr	40
Kohlensaurer Kalk (Kreidepulver)	1—3 mgr	10—20 mgr	50 -100
Stärke	1—3 mgr	15—20 mgr	100
Menschenkot*) (frisch mittelweich)		10 - 15 mgr	20 Der Geruch ist eher noch weniger empfindlich.

*) Meine Untersuchungen hierüber siehe später.

B. Verunreinigung auch für Geschmack und Geruch.

I.) Jauche. Ich habe mir dieselbe aus einem Stalle verschafft, der mit Pferden und Rindvieh bestellt war. Sie war von alkalischer Reaktion und hatte ein spez. Gewicht von 1014.

In meiner angefertigten Stammlösung war 1 cbcm reine Jauche enthalten, in dieser Verdünnung war schon ein äusserst merkbarer Geruch und Geschmack wahrzunehmen, daher für alles total unbrauchbar. *Nessler's* Reagens ergab deutliche Gelbfärbung als ein Zeichen von Amoniakgehalt der Jauche.

Concentrationen:

1.) In einem 1 aqua — 1 cbcm Jauche. Geruch und Geschmack sehr deutlich, daher total unbrauchbar, *Nessler's* Reagens giebt grüngelbliche Farbe.

2.) In einem 1 aqua — 0,5 cbcm Jauche. Sehr geringer Geruch, Geschmack noch schwächer. *Nessler*'s Reagens zeigt gelblich rötliche Farbe mit Stich in's Braune.

3.) In einem 1 aqua — 0,25 cbcm Jauche, kaum mehr wahrnehmbarer Geruch. Geschmack = 0. *Nessler*'s Reagens noch eben sichtbar.

4.) Unter 1 cbcm Jauche weder Sinneswahrnehmung noch Reaktion auf N. R.

II.) Kot. Derselbe war von Menschen und wurde frisch entnommen; er hatte eine dunkelbraun-schwärzliche Farbe und einen penetranten Geruch. Die Stammlösung wurde hergestellt mit 1 gr Kot im 1 Wasser. 250 cbcm dieser Stammlösung enthalten Schwefelwasserstoffe entsprechend $8{,}0^{1}/_{10}$ Normalnatriumhypofulfit, also enthält ein 1 der Stammlösung $32.1{,}7 = 54{,}4$ mgr H_2S.

Die Zahlen verstehen sich in Milligramm frischem Kot pro Liter. 10—15 Spur Trübung ohne Geruch und Geschmack. 20 stärkere Trübung mit Geruchswahrnehmung. 50 sehr deutliche Trübung mit entsprechender Geruchswahrnehmung.

Nach 48stündigem Stehen bekamen sämmtliche Lösungen, je nach der Stärke der Lösung, eine dementsprechende Grünfärbung; auch der Geruch wurde intensiver, sogar von der schwächsten Concentration, die zuerst keinen Geruch gab, wurde ein solcher nach dieser Zeit wahrgenommen. Diese Beobachtung findet wohl ihre Begründung in Zersetzungsvorgängen infolge Bakterienwirkung (Bact. fluorescens oder putidum).

III.) Ammoniak:

I.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Ammoniak wurden auf 250 ccm mit Leitungswasser verdünnt, sodass im Liter der Verdünnung 170 mgr NH_3 enthalten waren. Wir haben also eine $^1/_{100}$ norm. Ammoniaklösung.

Wahrnehmung: Riecht sehr deutlich nach Ammoniak. Geschmack gerade noch wahrnehmbar. Leitungswasser kräftig opak; kleiner Niederschlag. Völlig unbrauchbar.

II.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Ammoniak werden mit Leitungswasser auf 375 ccm verdünnt, sodass im Liter der Verdünnung 113 mgr NH_3 enthalten sind.

Wahrnehmung: Geruch minimal; Geschmack äusserste Grenze. Wasser opak. Als Badewasser entwertet, als Trinkwasser unbrauchbar.

III.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Ammoniak werden mit Leitungswasser auf 500 verdünnt, sodass im Liter der Verdünnung 85 mgr NH_3 sind. Wir haben also eine $^1/_{200}$ norm. Ammoniaklösung.

Wahrnehmung: Geruch kaum wahrnehmbar; Geschmack normal. Wasser etwas opak. Als Trinkwasser entwertet; als Badewasser allenfalls noch zu gebrauchen.

IV.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Ammoniak wurden mit Leitungswasser auf 750 verdünnt, sodass ein Liter der Lösung 56 mgr NH_3 enthielt.

Wahrnehmung: Minimal opak, kein Geruch, kein Geschmack. Allenfalls noch als Trinkwasser zu gebrauchen.

V.

1 ccm $^1/_{10}$ norm. Ammoniak wurde mit 1000 ccm Leitungswasser verdünnt. Im Liter der Verdünnung sind 1,7 mgr NH_3 enthalten. Eine Probe von 30 ccm mit *Nessler*'s Reagens versetzt, giebt gerade noch eine minimale Gelbfärbung. Dieser Versuch zeigt hier die viel grössere Empfindlichkeit des Reagens gegenüber den sinnlichen Wahrnehmungen.

IV.) Schwefelwasserstoff. Wir nahmen 250 cbcm Wasser und leiteten Schwefelwasserstoff bis zur Sättigung des Wassers ein. 100 cbcm davon enthielten jodometrisch bestimmt = 0,416 cbcm H_2S.

Enthielt nun ein 1 Wasser = 30—50 cbcm = 124,8—208,0 mgr H_2S, war penetranter Geruch und Geschmack zu constatieren.

Bei 10,0—15,0 cbcm = 41,6—62,4 mgr H_2S in einem 1, noch deutlicher Geruch und Geschmack.

Bei 4,0—4,5 cbcm = ungefähr 16—18 mgr H_2S in einem 1, schwacher Geruch und Geschmack.

Bei 1,5 cbcm = ungefähr 6 mgr H_2S in einem 1, Geruch und Geschmack noch eben angedeutet.

Bei 0,5 cbcm = ungefähr 2 mgr H_2S in einem 1, wohl unterste Grenze der Sinneswahrnehmungen.

V.) Gaswasser. Dasselbe entstammte der Würzburger Gasanstalt und es wurde eine Stammlösung hergestellt, welche in einem 1 Wasser 100 cbcm Gaswasser enthielt.

Enthielt ein 1 aqua — 10 cbcm Gaswasser, ergab sich ein äusserst stehender Geruch und gelbe Farbe.

Enthielt ein 1 aqua — 5 cbcm Gaswasser, so zeigte sich deutlicher Geruch und Geschmack, Farbe hatte einen Stich ins Gelbliche.

Enthielt ein 1 aqua — 1,2—2,0 cbcm Gaswasser, Geruch und Geschmack schwach vorhanden, wasserhelle Farbe.

Enthielt ein 1 aqua — 0,6—0,8 cbcm Gaswasser, Geruch und Geschmack wenig.

Enthielt ein 1 aqua — 0,3 cbcm Gaswasser, Spur von Geschmack und Geruch eben angedeutet.

Uebersichtstabelle obiger auf Geschmack, Geruch und teilweise auf das Auge einwirkenden Stoffe.

Alle Zahlenangaben für einen Liter berechnet.

	Jauche.	Ammoniak.	Kot.	Schwefelwasserstoff.	Gaswasser
Aeusserste Grenze der Wahrnehmungen u. demgem.	100—200 mgr	56 mgr NH_3	3—5 mgr	0,3 –0,5 Schwefelwasserstoffwasser = 1 – 2 mgr H_2S	300 mgr
Trinkwasser a) entwertet	250 mgr	85 mgr NH_3	10—15 mgr	0,5—1,0 cbcm = 2—4 mgr H_2S	500—800 mgr
b) unbrauchbar	500 mgr	113 mgr NH_3	15—20 mgr	bei 2 cbcm = 8 mgr H_2S	1000 –1500 mgr
Badewasser grösstenteils unbrauchbar	600—700 mgr		von 20 mgr ab	über 5 cbcm = ungefähr 20 mgr H_2S	2000—5000 mgr
Zu allen Zwecken unverwendbar	von 1000 mgr	von 170 mgr	bei über 30 mgr	über 50 mgr H_2S	5—10.000 mgr

C. Stoffe, die hauptsächlich nur auf das Geschmacksorgan einwirken.

1.) Salzsäure

I.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Salzsäure mit Leitungswasser auf 250 ccm verdünnt sodass im Liter der Verdünnung 365 mgr HCl vorhanden sind, d. h. wir haben ein $^1/_{100}$ norm. Salzsäure.

Wahrnehmung: Geschmack deutlich sauer; als Trinkwasser unbrauchbar.

II.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Salzsäure auf 375 ccm verdünnt, im Liter der Verdünnung sind 243 mgr HCl enthalten.

Wahrnehmung: Geschmack säuerlich, als Trinkwasser entwertet.

III.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Salzsäure auf 500 ccm verdünnt; im Liter der Verdünnung sind 182 mgr HCl enthalten, also eine $^1/_{200}$ norm. HCl.

Wahrnehmung: Fast normal. Als Trinkwasser allenfalls zu gebrauchen.

2.) Schwefelsäure: Verdünnungen wie bei HCl.

I.

Im Liter der Verdünnung sind 400 mgr SO_3 enthalten.

Wahrnehmung: Geschmack kräftig sauer, daher als Trinkwasser unbrauchbar.

II.

Im Liter der Verdünnung sind 267 mgr SO_3 enthalten.

Wahrnehmung: Gerade noch wahrnehmbar sauer. Als Trinkwasser noch entwertet.

III.

Im Liter der Verdünnung sind 200 mgr SO_3 enthalten.

Aeusserste Grenze der Wahrnehmung.

3.) Salze: a) Salpeter.

1. Natriumnitrat.

20 gr im 1 — stark salziger Geschmak,
5 „ „ „ — schwach „ „
2 „ „ „ — kaum mehr wahrnehmbar,
0,5—1,0 „ „ „ — Geschmack fast = 0.

2. Kaliumnitrat.

20 gr im 1 — stark salzig.
3 „ „ „ — schwach.
1 „ „ „ — schon geringe Spur von Salzgeschmack.
0,3—0,5 „ „ „ — fast keinerlei Wahrnehmung.

b) Natriumbicarbonicum.

Angaben für 1 Liter.

2,5—5,0 gr zeigt nur noch dem feinsten Gaumen eine geringe Geschmackswahrnehmung. Spur Trübung.

7—10 gr schwacher Geschmack, aber für jeden normalen Gaumen wahrnehmbar; Trübung.

c) Calciumsulfat (Gips).

Im Liter.

0,01—0,1 gr Spur Trübung ohne Geschmack.
0,5 gr deutliche Trübung, schwacher Geschmack.
2—5 gr stärkere Trübung und widerlich bitter Geschmack.

d) Chlor-Magnesium.

Im Liter.

0,5 gr Geschmack kaum angedeutet.
1—2 „ „ tritt deutlicher hervor.
5—10 „ schon völlig ungeniessbar.

e) Kupfersulfat.

Es wurde reines Kupfervitriol als Untersuchungsmaterial verwandt, worin enthalten waren in 100 Teilen = 31,0 Kupferoxyd, 32,0 Schwefelsäure und 37,0 Wasser.

Stammlösung: In 100 cbcm aqua sind enthalten 0,5 gr Kupfersulfat.

In folgenden Mischungen verhielten sich destilliertes und Leitungswasser vollkommen gleich.

In einem 1 aqua 0,005 gr Kupfersulfat = 1,24 mgr Cu., Blaufärbung noch eben sichtbar, Geschmack kaum noch vorhanden.

In einem 1 aqua 0,05 gr Kupfersulfat = 12,4 mgr Cu., etwas deutlichere Blaufärbung, auch Spur herber Geschmack zu constatieren.

In einem 1 aqua 0,5 gr Kupfersulfat = 124 mgr Cu., Blaufärbung stark; ebenso der herbe Geschmack.

In einem 1 aqua 1 gr Kupfersulfat = 228 mgr Cu., schon totale Unbrauchbarkeit.

f) Ferrumsulfuc. oxyd. pur. Eisenvitriol.

Es enthielten 100 gr Eisenvitriol = 20 gr Eisen.

Stammlösung: In 1000 cbcm aqua — 15 gr Eisenvitriol = 3 gr Eisen.

In einem 1 aqua = 1,5 gr Eisenvitriol = 300 mgr Eisen, süsslich-bitterer Geschmack und bläulich-grüne Verfärbung.

In einem 1 aqua = 0,75 gr Eisenvitriol = 150 mgr Eisen, Abnahme der Verfärbung und des Geschmacks.

In einem 1 aqua = 0,3 gr Eisenvitriol = 60 mgr Eisen. Keine Verfärbung, jedoch noch etwas Geschmack wahrzunehmen.

In einem 1 aqua = 0,15 gr Eisenvitriol = 30 mgr Eisen. Nur noch Spur Geschmack.

In einem 1 aqua = 0,075 gr = 15 mgr Eisen. Fast keine Wahrnehmung mehr.

Ferrum sesquichloratum:

Es enthielt die verwendete Lösung in 100 Teilen 10 Teile Eisen.

I.

Stammlösung: 10 gr obiger Lösung werden auf 1000 ccm mit Leitungswasser verdünnt; es enthält also 1 Liter der Stammlösung 1000 mgr Fe.

Wahrnehmung: Farbe kräftig goldgelb; Geschmack sehr stark adstringierend und säuerlich.

II.

100 ccm der Stammlösung auf 1000 verdünnt. Es enthält also 1 Liter dieser Verdünnung 100 mgr Fe.

Wahrnehmung: Lösung weingelb-trüb wie junger Most. Geschmack noch deutlich adstringierend.

III.

500 ccm von Lösung II auf 1000 ccm gebracht. Es enthielt also 1 Liter dieser Verdünnung 50 mgr Fe.

Wahrnehmung: Farbe hellgelb-trüb; Geschmack noch etwas adstringierend.

IV.

500 ccm von Lösung III auf 1000 ccm gebracht. Es enthielt also 1 Liter dieser Verdünnung 25 mgr Fe.

Wahrnehmung: Farbe schwach-gelblich-trüb; Geschmack minimal, aber noch etwas Nachgeschmack.

V.

Nochmals verdünnt, sodass in 1 Liter 6,25 mgr Fe. enthalten sind. Geschmack normal; Farbe schwach opak mit geringem Stich ins Gelbliche. Als Badewasser gerade noch zu gebrauchen, als Trinkwasser etwas entwertet.

b) Magnesium-Sulfat.

Stammlösung: Im 1 aqua 50 gr M. S.

War in einem 1 — 1 gr M. S. enthalten, war noch keinerlei Wahrnehmung zu constatieren.

War in einem 1 aqua 3—5 gr M. S. enthalten, dann schwach salzig schmeckend.

War in einem 1 aqua 7—10 gr M. S. enthalten, deutlich salziger Geschmack.

a) Zinkchlorid.

1000 gr aqua 10 gr Z. chl. Stammlösung — widerlicher Geschmack.

0,08—0,1 gr im 1 aqua — keinerlei Wirkung.

0,2—0,5 gr im 1 aqua — Geschmack kaum wahrnehmbar, doch etwas adstringierend.

1,0—2,0 gr im 1 aqua — deutlich ausgesprochener, adstringierender Geschmack und schwache Trübung.

k) Natriumchlorid.

Stammlösung 1000 cbcm aqua: 50 cbcm NaCl. Aeusserst salziger Geschmack.

In einem 1 aqua 800—1000 mgr NaCl — unterste Grenze der Wahrnehmung.

In einem 1 aqua 2000—3000 mgr NaCl — gerade merklich salziger Geschmack.

In einem 1 aqua 5000 mgr NCl — deutlich salziger Geschmack.

In einem 1 aqua 8—10,000 mgr NaCl — schon stark salzig.

4) Lauge:

I.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Natronlauge werden mit Brunnenwasser auf 250 ccm verdünnt, d. h. eine $^1/_{100}$ norm. Natronlauge hergestellt. Im Liter sind also 400 mgr Na OH enthalten.

Wahrnehmung: Lösung etwas opalescierend. Geschmack kräftig laugig, an starkes Sodawasser erinnernd, adstringierend, seifig. Greift die Schleimhäute etwas an.

II.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Na OH auf 375 ccm verdünnt; im Liter sind also 250 mgr Na OH enthalten.

Wahrnehmung: Lösung noch kräftig opak. Geschmack noch ganz deutlich alkalisch, d. h. seifig, adstringierend.

III.

25 ccm $^1/_{10}$ norm. Na OH auf 500 ccm verdünnt, sodass im Liter 200 mgr Na OH enthalten sind.

Wahrnehmung: Wasser schwach opak. Aeusserste Grenze der Geschmackswahrnehmung. Adstringierende Wirkung nicht mehr vorhanden. Wird mit Phenolphthalein kräftig rot. Als Trinkwasser wegen seines opalescierenden Aussehens nach entwertet.

IV.

150 mgr im Liter unterste Grenze jeder Wahrnehmung.

Ich gebe nun im Folgenden wiederum eine Uebersichtstabelle über vorangehende Salze und Lauge, wobei ich gleichfalls die Verwendbarkeit als Trink- und Badewasser im Auge behalte.

Salze- und

(Die Zahlen bedeuten

	Lauge.	Salpeter		Natr. bic.	Calc. sulfud.	Magn. chlorat.
		Kali-S.	Natron-S.			
Unterste Grenze der Wahrnehmung	150	300—500	800—1000	200—300	5—10	500—600
Entwertet als Trinkwasser	200	800—1000	1500	500—1000	10—100	600—1000
Unbrauchbar als Trinkwasser	250	1000	2000	2500	500	1500—2000
Entwertet als Badewasser	300	3000	5000	5000	1000—3000	5000—10.000
Unbrauchbar als Badewasser	400	—	—	8—10000	3—5000	—
Total unbrauchbar	—	20.000	20.000	—	5—10.000	—

Lauge-Tabelle.

mgr im Liter.)

Cup. sulf.	Fe als Ferr. sulfuc. oxyd.	Fe als Ferrum sesquichlor.	Magnes. sulfuc.	Zink-chloratum.	Natrium-chloratum.
< 5	10—15	5—6	1000—1500	80—100	800—1000
> 5	30	15—20	2000	200	1500
10—50	50—70	25—30	4000	500	2000
250	150	50	8000	1500—2000	-
500	200	—	—	—	—
1000	-	100	-	-	-

Zum Vergleiche sei die von Herrn Professor Dr. *Lehmann* aufgestellte Tabelle beigefügt.

	Als Trinkwasser zur Not noch brauchbar.	Als Wasch- und Badewasser zur Not noch brauchbar.	Bemerkungen.
Chlorkalk (resp. Chlor) 1)	10 mgr 1,6 Chl.	20 mgr 3,4 „	Für Wäscheverunreinigung sind grössere Mengen zulässig.
Schwefelwasserstoff	unter 1 mgr	1—3 mgr	3,5 mgr riechen in weitem Glase schon deutlich; färben sich mit $CuSO_4$ blassgelb — 2)
Kalisalpeter	600—1000 mgr	hohe Werte	1000 mgr schmecken nicht sehr auffallend, etwas bitterlich.
Kochsalz 3)	500—1000 mgr	„	2000 mgr schmecken noch schwach 10.000 stark.
Chlormagnesium (wetterfrei) 3)	1—2000 mgr	„	10.000 mgr schmecken noch nicht sehr auffällig.
Magnesiumsulfat 3)	5—700 mgr	„	
Calciumsulfat 3)	5—700 mgr	„	
Eisenoxydulsulfat also Eisen	25 mgr) 5 „)	?	
Eisenchloryd also Eisen	37 mgr) 12 „)	?	
Rohrzucker	2—5000 mgr		

1) 100 mgr des verwendeten Chlorkalks lieferten jodometr. 15,7 mgr Chlor.

2) 7 mgr H_2S: 1000 mgr schmecken noch nicht sehr stark.

3) Nach *Ruben* leidet der Geschmack eines Wassers stark, wenn es enthält in einem l

Kochsalz	300— 400	mgr,
Gips	500— 600	„
Magnesiumsulfat	500—1000	„
Chlormagnesium	60— 100	„
Mischung dieser Salze	3— 400	„

Diese Zahlen sind wesentlich niedriger als die von Herrn Prof. Dr. *Lehmann* und z. T. auch von mir geprüften; jedenfalls zurückzuführen auf den stärkeren Gipsgehalt des Würzburger Leitungswassers und seinen 6—700 mgr betragenden Rückstand, woran sich der Gaumen gewöhnt hat.

D. Alkohole, Zucker, Eisessig.

Bei Weinen und Zuckerverdünnungen lässt sich selbstverständlich von einer Unbrauchbarkeit im Sinne des Trinkens oder Badens nicht reden, sondern hier muss lediglich der Standpunkt im Auge gehalten werden, von welchem Gehalte an den betr. Stoffen ab eine Geruchs- bezw. Geschmacks- bezw. Augenwahrnehmung zu machen war.

Ich benutzte zuerst einen leichten, blassen und billigen Weisswein, den ich nach folgenden Verdünnungen hin untersuchte:

I.) Weiss-Wein.

Bei 5facher Verdünnung: Deutlicher Weingeschmack, Geruch und Farbe.

Bei 10facher Verdünnung: Farbe, Geschmack und Geruch eben noch wahrnehmbar.

Bei 10facher Verdünnung: Geschmack nur noch eine Spur, Geruch und Farbe = 0.

II.) Rot-Wein.

In 10facher Verdünnung: Noch charakteristischer Geruch, Geschmack und Farbe.

In 20facher Verdünnung: Farbe und Geruch noch recht deutlich, Geschmack verhältnissmässig stärker reduciert.

In 40facher Verdünnung: Farbe und Geruch nur noch schwach, Geschmack sehr undeutlich.

In 80facher Verdünnung: Unterste Grenze der Wahrnehmbarkeit nach Farbe und Geruch, Geschmack = 0.

In 150—160facher Verdünnung: Nach keiner Richtung hin eine Wahrnehmung mehr.

III. Würzburger Hofbrauhausbier.

Während man bei Weinen in Bezug auf Geniessbarkeit selbst bei stärkster Verdünnung noch reden kann, ist dies bei Bier nicht der Fall und würde demnach auch die schwächste, künstliche Verdünnung als ungeniessbar zu bezeichnen sein.

In 10facher Verdünnung: Geruch und Geschmack deutlich bierartig, Farbe weissweinähnlich.

In 20facher Verdünnung: Geruch und Geschmack noch etwas wahrnehmbar, wenngleich letzterer geringer wie ersterer, Verfärbung sehr schwach.

In 40facher Verdünnung: Aeusserste Grenze der Wahrnehmung durch die Sinne.

IV. Alkohol absolutus.

In 50facher Verdünnung: Schwacher Geruch, etwas stärkerer Geschmack.

In 100facher Verdünnung: Geruch eben noch schwach wahrnehmbar, Geschmack ebenso.

In 200facher Verdünnung: Geruch gleich 0, Geschmack fast 0.

V. Zucker.

Ich benutzte dazu gestossenen Crystallzucker und habe als untersten Grenzwert in der Wahrnehmung durch die Zunge eine Verdünnung von 1,5 gr = 1500 mgr im 1 aqua noch feststellen können.

VI. Eisessig.

In einem 1 W 10 cbcm: Aeusserst scharfer, essiger Geschmack, total als Trinkwasser unbrauchbar.

In einem 1 W 2 cbcm: Noch deutlich essiger Geschmack, ebenfalls unbrauchbar als Trinkwasser.

In einem 1 W 1 cbcm: Sehr schwach essigsaurer Geschmack, im äussersten Notfalle noch zu gebrauchen als Trinkwasser.

In einem 1 W 0,5—0,3 cbcm: Unterste Grenze der Wahrnehmung, kaum mehr entwertet als Trinkwasser.

Eingehende Schlüsse aus diesen Daten zu ziehen, halte ich für verfrüht, vor allem bestimmt mich zu dieser Vorsicht die Ueberzeugung, dass solche Zahlen mehrmals und womöglich von verschiedenen Beobachtern angestellt werden, wenn auch meine meisten Versuche hinsichtlich der Wahrnehmung seitens Zunge, Geruch und Gesicht in bereitwilliger Weise mit-

kontrolliert wurden von den im Laboratorium noch arbeitenden anderen Herren, ganz abgesehen von der bereits erwähnten Nachkontrolle durch Herrn Professor Dr. *Lehmann*. Doch zur Orientierung auf diesem Gebiete dürfen meine mit möglichster Genauigkeit ermittelten Werte immerhin nicht ohne Interesse sein.

Am Ende meiner Arbeit obliegt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. *Lehmann* für die gütige Anregung zur Bearbeitung des vorliegenden Stoffes und für die so liebenswürdige Unterstützung bei derselben auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen; ebenso gebührt Herrn Assistenten Dr. *Lang* für seine bereitwillige Hilfe und Ratschläge, besonders auch in chemischen Fragen, dankende Anerkennung.

Druckfehlerberichtigung.

Auf Seite 24, 17. Zeile muss es heissen:
g) Ferrum sesquichloratum.
Auf Seite 25, 17. Zeile muss es heissen:
h) Magnesium-Sulfat.
Auf Seite 25, 25. Zeile muss es heissen:
i) Zinkchlorid.

Lebenslauf.

Ich, *Adolf Bossert*, bayer. Staatsangehörigkeit, bin geboren am 20. Mai 1871 zu Bellheim, Rheinpfalz, als Sohn des daselbst verstorbenen Kaufmanns *Ph. Mich. Bossert*. Nach Besuch der Lateinschulen zu Landau und Homburg (Pfalz) und des Gymnasiums zu Zweibrücken erwarb ich mir am 15. Juli 1891 das Reifezeugnis in Zweibrücken und bezog zuerst die Universität Würzburg. Am 1. Oktober desselben Jahres trat ich als Einjährig-Freiwilliger beim 2. bayer. Feld-Art.-Regt. ein und am 1. April 1892 nach halbjähriger Dienstzeit unter den Waffen wurde ich zur Reserve gestellt. Bis zum Sommersemester 1893 war ich auf der hiesigen Universität inscribiert, besuchte dann die Universitäten Halle, wo ich mich dem tentamen physicum unterzog, bis zum Wintersemester 94/95, hierauf Königsberg bis Wintersemester 95/96, Marburg bis Wintersemester 96/97 und kehrte in diesem Semester 96/97 zur Beendigung meines Studiums nach Würzburg zurück, wo ich mich der ärztlichen Staatsprüfung unterzog und am 4. Juni 1901 als Arzt approbiert wurde. Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung des Herrn Prof. Dr. *Lehmann* verfasst.

Dr. med. Adolf Bossert.